

# EXPERIENCIAS DE TRABAJO CON BTCs EN EL LABORATORIO DE GEOTECNIA DE LA UTN –FRSF.

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe. Santa Fe, Argentina, aagonzal@frsf.utn.edu.ar

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe. Santa Fe, Argentina, spcabrera@outlook.com

**Palabras clave:** BTC – laboratorio de geotecnia UTN -FRSF

## Resumen

En el laboratorio de geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF), se realizan tareas de investigación, desarrollo, servicios a terceros y transferencia tecnológicas sobre elementos y sistemas constructivos elaborados a partir de tierra como insumo principal; dentro de los cuales se destacan los destinados a Bloques de Tierra Comprimida (BTC), ya que durante los últimos años se ha incrementado notoriamente el número de usuarios y productores de esta tecnología en la región. Dentro de las actividades de investigación se realizan desarrollos relacionados con el mejoramiento del BTC en sí, como así también abocados al diseño de procedimientos y equipos destinados a su producción, sin dejar de lado el intercambio permanente de conocimientos con el medio social y productivo de la región.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de geotecnia del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF), se realizan tareas de investigación, desarrollo, servicios a terceros y transferencia tecnológicas sobre elementos y sistemas constructivos elaborados a partir de tierra como insumo principal; dentro de los cuales se destacan los destinados a Bloques de Tierra Comprimida (BTC), ya que durante los últimos años se ha incrementado notoriamente el número de usuarios y productores de esta tecnología en la región.

### 1.1 El bloque de tierra comprimida o BTC

El Bloque de Tierra Comprimida o BTC es un elemento para mampostería fabricado mediante la compresión o prensado de tierra, la cual se encuentra contenida en un molde empleando, una prensa mecánica o hidráulica, manual para bajas demandas de producción o automática para sistemas industrializados (Fontaine, 2009). Según Julián Salas (1995), el BTC puede considerarse como un salto tecnológico respecto al tradicional adobe, el cual, sin dejar de mirar por el retrovisor, logra integrarse de manera más acorde al contexto productivo vigente en la actualidad, empleando en su proceso de fabricación maquinarias especializadas. Si bien el material de base lo constituye la tierra, la misma admite la incorporación de estabilizantes minerales (generalmente cal, cemento portland o bitumen) que permitan mejorar las características físicas del bloque, ya sea aumentando su resistencia a la compresión, al intemperismo o reduciendo las fisuras provocadas por la retracción de la arcilla (Roux, 2010).

Las ventajas generales del BTC, en comparación con otros mampuestos de fábrica, como el tradicional ladrillo cerámico o el bloque de hormigón; podrían resumirse en su regularidad de forma (presentando caras lisas y aristas vivas) y su alta densidad (debido a la compactación efectuada durante su fabricación), esto último lo hace más resistente a la erosión y a la

acción del agua; y su posibilidad de ser reciclado prácticamente en su totalidad (Roux , 2012).

En cuanto a la producción del bloque en sí, posee características que lo hacen más económicas y ambientalmente amigables si se la compara con la fabricación de otros materiales semejantes. Para empezar la energía utilizada en la producción de estos bloques es mucho menor que en cualquier otro mampuesto similar; además si bien se le adicionan algunos aditivos estabilizantes como la cal o el cemento, estos representan un porcentaje muy bajo (Bestraten, 2011). Otra ventaja es que no se precisa de mano de obra calificada para su elaboración, y su costo de fabricación es mucho menor al de sus pares “tradicionales” (como el ladrillo cerámico común o hueco y bloques de hormigón) teniendo en cuenta la poca energía utilizada para su producción, y que su fabricación se hace aprovechando los recursos del sitio (Vázquez, 2001).

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo general de este trabajo es el de realizar una breve descripción de las diferentes actividades llevadas a cabo por el laboratorio de geotecnia de la UTN – FRSF que se encuentran vinculadas al bloque de tierra comprimida.

## **3. ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL LABORATORIO**

### **3.1 Servicios a terceros**

El laboratorio de geotecnia de la UTN – FRSF dependiente del Departamento de Ingeniería Civil de dicha institución se encuentra abocada a tareas de investigación, docencia y extensión vinculadas a técnicas constructivas con tierra, contando con instalaciones y equipamiento diverso, a través de los cuales resulta posible efectuar un gran número de ensayos y estudios que permiten responder las demandas del medio social y productivo de la región, considerando que, el mismo es el especializado en el estudio de las técnicas constructivas con tierra en la microrregión (las Regionales Vendado Tuerto y Rafaela de la UTN cuentan con instituciones similares pero de menor envergadura).

Por citar algunos de los trabajos a terceros realizados con mayor frecuencia puede mencionarse el estudio y clasificación de tierras (aportadas por los comitentes), con el fin de identificar sus potencialidades en la fabricación de bloques de tierra comprimida. Para realizar estos estudios, se emplean los métodos tradicionales de la mecánica de suelos y la geotecnia vial, como son el análisis granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg de las fracciones finas. En el caso de detectarse que las propiedades de la tierra analizada no son las más apropiadas para la fabricación de BTC, se realiza una recomendación sobre posibles métodos de mejoramiento de la misma, como ser el mezclado con otros tipos de suelo o la incorporación de mayores cantidades de estabilizante.

Asimismo, un gran número de productores de BTC en la región solicitan al laboratorio la realización de ensayos que permitan corroborar la calidad de sus bloques. En estos casos, los ensayos comúnmente realizados consisten en la determinación de la resistencia a compresión (siguiendo en procedimiento descrito por la norma española UNE-EN 41410) y el ensayo de resistencia a la erosión húmeda por chorro de agua recomendado por el instituto Craterre, siendo estos ensayos los mejores indicadores de la capacidad portante y resistencia al intemperismo de los bloques. Actualmente en el laboratorio, y en el marco de

un proyecto de investigación financiado por el CONICET, se está trabajando en la puesta a punto de diversos equipos que posibilitarán realizar nuevos ensayos que permitirán ampliar el estudio de las propiedades finales de los BTC. A continuación se enumeran los ensayos en los cuales se está trabajando:

- Ensayo de resistencia a compresión húmeda según norma brasilera NBR 8492;
- Ensayo de absorción de agua por inmersión, según norma brasilera NBR 8492;
- Determinación del nivel de absorción de agua por capilaridad según norma española UNE-EN 41410;
- Ensayo de resistencia a flexión según recomendaciones de la Red PROterra;
- Determinación de la resistencia a erosión acelerada por método Swinburne, establecido en la norma española UNE-EN 41410

En las figuras 1 y 2 puede observarse la realización del ensayo de resistencia a compresión y la determinación del nivel de resistencia a la erosión húmeda por chorro de agua.



Figura 1: Ensayo de resistencia a compresión



Figura 2: Determinación del nivel de resistencia a la erosión húmeda por chorro de agua

Además de los trabajos de laboratorio propiamente dichos, durante los años 2015 y 2016 se ha trabajado en conjunto a una empresa productora de BTC emplazada en la Comuna de Arroyo Leyes, con el fin de optimizar la dosificación empleada por el fabricante, buscando maximizar la calidad final de los bloques producidos y reducir el costo de materiales. Para este trabajo en particular fueron propuestas diversas dosificaciones, modificando las proporciones de cada tipo de suelo (tierra local, arcilla proveniente de Córdoba y arena) y estabilizantes empleados por el fabricante (cal y cemento). Actualmente se continúa trabajando de manera conjunta con la empresa en la obtención de un Certificado de Aptitud Técnica del Ministerio de Infraestructura y Vivienda de la Nación, el cual, de obtenerse, avalaría y certificaría la calidad del sistema constructivo con BTC empleado por el empresario. Enmarcado en este proyecto fue realizado el seguimiento completo de la construcción de una vivienda empleando esta tecnología, trabajándose ahora en la redacción de una memoria descriptiva que detalle los procedimientos constructivos correspondientes (ver figuras 3). Fueron realizados además ensayos de compresión sobre muros de pequeñas dimensiones, verificando así la resistencia final del muro constituido con intenciones

de contrastarla con la de los elementos constructivos aislados (BTCs individuales). En las figuras 3, 4 y 5 pueden observarse imágenes de los ensayos realizados.



Figura 3: Seguimiento del proceso constructivo de una obra en BTC



Figura 4. Ensayo de compresión sobre un muro de BTC



Figura 5. Patrón de figuración del muro bajo cargas

### 3.2 Investigación

Dentro de las líneas de investigación llevadas adelante por el laboratorio de geotecnia, el BTC presenta un interés particular, trabajándose en estos últimos años en numerosas investigaciones referidas al mismo, dentro de las cuales se destaca la denominado “Uso de plantas acuáticas como estabilizante de la tierra”, durante el cual se realizó una *primera aproximación exploratoria a la utilización de la planta acuática de agua dulce Eichhornia crassipes vulgarmente denominada camalote, como estabilizante en diversas técnicas de construcción que empleen tierra* (Costanzo 2016), estudiándose con mayor énfasis la capacidad hidrofugante de su sabia al ser aplicada como recubrimiento superficial en BTCs.



Figura 6: Recubrimiento de un BTC con "pasta de camalote"



Figura 7: Análisis comparativo del efecto hidrófugo del recubrimiento sobre dos BTCs

Actualmente, y en el marco de una beca doctoral financiada por CONCET, se están estudiando los efectos de la estabilización de BTCs con cemento portland y su incidencia en las propiedades físico-mecánicas de los mismos, con el fin de poder reemplazarlo de manera total o parcial por otros estabilizantes de menor impacto ambiental, como lo son la cal, el yeso o los biopolímeros. Otra línea de investigación que está siendo llevada actualmente por el laboratorio y que se encuentra íntimamente ligada a estos bloques es la búsqueda de una correlación entre los resultados de los ensayos de resistencia a compresión siguiendo el protocolo de la normativa española UNE-EN 41410 y los niveles de resistencia a la erosión húmeda por chorro de agua según protocolo CRATerre, la cual permitiría estimar de manera cualitativa los resultados de un ensayo mediante la realización del otro. Los primeros resultados de esta investigación fueron presentados recientemente en la 2<sup>o</sup> Conferencia Latinoamericana y Europea sobre Edificios y Comunidades Sustentables realizado en la universidad de UNISINOS (San Leopoldo, Brasil) en el mes de mayo de este año.

Por último, se considera relevante mencionar que en la actualidad, se está desarrollando en conjunto con el laboratorio de suelos de la UTN – Facultad Regional Venado Tuerto un PID Tutorado denominado "Investigación y desarrollo para el mejoramiento de la producción de bloques de tierra comprimida (BTC)", cuyo principal objetivo consiste en *acercar al sector productivo de la industria del BTC con el sector académico universitario, que permitan en un futuro cercano realizar investigaciones que se orienten a las necesidades reales tanto de productores BTC como constructores avocados a esta tecnología* (González, 2015).

### 3.3 Desarrollo

Conjuntamente con las tareas de investigación llevadas a cabo por el laboratorio, se han desarrollado equipos y procedimientos propios que atienden a la real demanda del sector productivo vinculado a los BTC, resultando de particular interés para el personal de laboratorio abocado a la realización de ensayos sobre estos bloques el desarrollo de patrones de comparación que permiten determinar el nivel de resistencia a la erosión húmeda de los BTC estipulado por la norma neozelandesa NZS 4298 (la cual requiere medir la máxima profundidad de erosión ocurrida en el bloque) contrastando de manera visual el grado de deterioro de los BTC ensayados con los respectivos patrones. En la figura 8 pueden observarse estos modelos de comparación.



Figura 8: Patrones de comparación desarrollados para determinar el nivel de resistencia a la erosión húmeda de los BTCs.

De manera similar, atendiendo las falencias de los equipos de prensado disponibles en el mercado regional se trabajó en el desarrollo de una prensa que empleara un motor monofásico para que pudiera ser utilizado en instalaciones de mínima infraestructura; con un accionamiento mecánico que permitiera que cualquier herrero y/o mecánico pudiera reparar o cambiar los elementos de mayor desgaste y con compresión lateral para lograr mayor compacidad en las caras laterales expuestas del BTC. Se buscó también que fuera de muy fácil manejo para que el operario pudiera comandar el equipo solo accionando un interruptor. Finalmente, el primer prototipo de esta prensa, desarrollado de manera conjunta por la UTN – FRSF y la empresa INGAS, puede apreciarse en las figuras 9, 10 y 11. Es preciso mencionar que en la actualidad están siendo estudiados los tiempos de producción de esta prensa y las propiedades mecánicas de los bloques por ella fabricados.



Figura 9. Prensa electromecánica

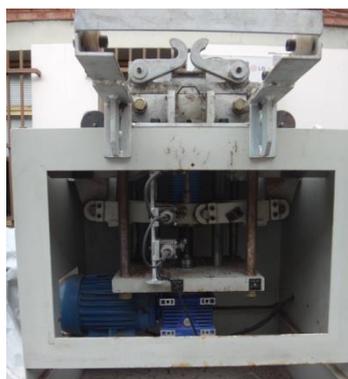


Figura 10. Motor monofásico de la prensa



Figura 11. Tablero de PLC y reguladores

### 3.4 Extensión y vinculación

Con intenciones ampliar el campo de acción de la Universidad y su inserción y vinculación de la universidad con la sociedad en la cual se encuentra inmersa, y no limitar su accionar únicamente al aporte tecnológico, desde el laboratorio de geotecnia, trabajando en conjunto con diversas secretarías de la Universidad, se han realizado un

gran número de actividades de intercambio de diferentes tipos y con diversos sectores de la sociedad, dentro de los cuales pueden destacarse los siguientes:

- Vinculación con ONGs para organizar de manera conjunta comunidades rurales (campesinas y aborígenes) para el mejoramiento de su hábitat.
- Colaboración con Municipios y Comunas de la región en la redacción de normativas para la autorización de la construcción con BTCs.
- Asistencia a organismos gubernamentales para la promoción y difusión de construcciones sustentables, tanto desde el punto de vista físico como social.
- Organización de Encuentros, Charlas y Talleres destinadas a estudiantes y jóvenes profesionales a fin de informar y eventualmente formar acerca de temas que no hayan sido abordados en la currícula.
- Organización de eventos abiertos a la comunidad con la presencia de expertos nacionales e internacionales que aportan las nuevas miradas sobre las técnicas ancestrales de construcción.
- Formación de personal idóneo en el marco del diseño y el desarrollo de las técnicas de construcción con tierra a través de la participación de becarios en proyectos de Investigación y Desarrollo y de Extensión.
- Promoción y asesoramiento para la conformación de redes; agrupaciones y otras formas organizacionales de personas que entienden de un determinado subtema; detectando en dichos casos problemas a ser investigados.

#### 3.4.1 Adopción y promoción de normativa

Dentro de este aspecto que atañe a toda la construcción que emplea tierra como insumo básico, el aspecto normativo tiene una gran importancia; por una parte para poder identificar con rigor científico las propiedades y características de los elementos fabricados y por otro para que tanto el usuario, como las autoridades de control tengan elementos de comparación para poder adoptar la mejor decisión respecto a la elección del sistema constructivo.

En nuestro país es poco lo que se ha avanzado en el tema, no obstante los esfuerzos y concreciones obtenidas mayoritariamente por Municipios y Comunas que con sus ordenanzas crean el marco jurídico para la utilización de BTC y otras técnicas de construcción con tierra, desde el punto de vista técnico no existe una reglamentación, debiendo adoptarse y adecuarse la de otros países para la realización de los ensayos.

También cabe destacar el impulso que está tomando en los últimos años la demanda de construcciones sostenibles y saludables, lo que genera presión en determinados ámbitos gubernamentales para incorporar dentro de la normativa un material tan noble y ancestral como la tierra.

#### 3.4.2 Formación de recursos humanos

Otro aspecto a considerar a la hora de poner en práctica y materializar las edificaciones es encontrar mano de obra con conocimiento del manejo del material para adoptar las decisiones adecuadas para las características del material y los elementos constructivos. Habiendo existido una amplia cultura constructiva en el uso de la tierra, esta se ha perdido caso completamente con el advenimiento de materiales y técnicas modernas de construcción; en el caso del BTC es aún mayor la falta de conocimiento ya que emplea un material milenario con un procedimiento relativamente

novedoso (60 años). Si bien a través de talleres y acciones de difusión se llega a transmitir algunas metodologías de fabricación y colocación; desde la Universidad se está trabajando en la capacitación tanto de operarios como de profesionales de una manera no formal, pero con vinculación académica, lo que permite certificar conocimientos a través de certificados universitarios que validan los conocimientos adquiridos. Esta Escuela de la Construcción con tierra está en su fase embrionaria.

#### **4 CONSIDERACIONES FINALES**

Desde el laboratorio de geotecnia de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe se está trabajando de manera activa sobre el uso de la tierra, y particularmente el BTC, como material de construcción, abordando cada uno de los tres pilares componentes de la Universidad: Investigación, extensión y docencia; buscando que cada una de las actividades desarrolladas por el laboratorio persigan un fin común: ratificar que en pleno siglo XXI, la tierra es un material viable para construir de manera confortable y sustentable.

#### **5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Asociación Española de Normalización y Certificación - AENOR. (2008). Norma UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. España.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (1984). Norma NBR 8492: Tijolo de solo-cimento. Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. Brasil.
- Bestraten S; Hormías E. & Altemir A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. España: Revista Informe de la Construcción, Vol. 63, n° 523.
- Centre International de la Construction en Terre – Ecole D’Architecture de Grenoble - CRATerre-EAG. (1998). Série Technologies N° 11: Blocs de terre comprimée. Normes. CRATerre-EAG, BASIN. Francia.
- Constanzo L. & González. A. (2016). Uso de plantas acuáticas regionales como estabilizantes de la tierra. XII Congreso mundial de las arquitecturas de tierra. Trabajo N° 333. Francia.
- Fontaine L. & Anger R. (2009). Batir en terre. Du graind de sable à l’architecture. Francia: Belin.
- González A. (2016). Investigación y desarrollo para el mejoramiento de la producción de Bloques de Tierra Comprimida (BTC). PID ECTUNFE0004298. Universidad Tecnológica Nacional.
- González. A. & Venturini G. (2016). La Universidad intercambiando con el medio social. XII Congreso mundial de las arquitecturas de tierra. Trabajo N° 335. Francia.
- Roux Gutiérrez R. (2010). Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) en zonas húmedas. Méjico: Plaza y Valdes S.A.
- Roux Gutiérrez R. & Espuna Mújica J. (2012). Bloques de Tierra Comprimida adicionados con fibras naturales. Méjico: Plaza y Valdes S.A.
- Salas Serrano, Julián (1995). Habiterra: exposició Iberoamericana de construcción de tierra. Bogotá, Escala.
- Standards New Zealand – SNZ. (1998). Standard NZS 4298: Materials and Workmanship For Earth Buildings. New Zeland.

- Vázquez Espi M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: El caso de la tierra y otros materiales. España: Revista Informes de la construcción. Vol. 52, n° 471.

## **AUTORES**

Ariel González: Ing. en Construcciones, Mg. en Metodología de la Investigación. Docente investigador de la UTN-FRSF. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONGs que abordan el tema hábitat urbano y rural y técnicas constructivas con tierra; capacitado en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Santiago Cabrera: Ing. Civil, doctorando en Ingeniería, mención Ing. Industrial. Becario CONICET. Docente investigador abocado a las técnicas constructivas en tierra. Actualmente desempeña sus actividades laborales en el Laboratorio de Geotecnia del departamento de Ingeniería Civil en UTN – FRSF.